

# INFRASTRUKTUR

## EVALUASI KERENTANAN BANGUNAN GEDUNG TERHADAP GEMPA BUMI DENGAN *RAPID VISUAL SCREENING (RVS)* BERDASARKAN FEMA 154

### Evaluation of Building Vulnerability From Earthquake by Rapid Visual Screening Based On FEMA 154

Fatmawati Amir

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118,  
Email : fatmawati Amir77@yahoo.com

#### ABSTRACT

*Aceh earthquake in 26 of December 2004 was changing the disaster risk management in Indonesia, particularly if it happened cause of seismic activity dan its secondary hazards, for instance : tsunami, landslide, debris flood and liquifaction, and made The Ministry of Public Work to initiated for revision the Indonesian Earthquake Map 2002 by invite the experts in earthquake. The result was translated in the Indonesian Seismic Zone Map 2010 and change Palu city particularly and Central Sulawesi region, generally in high seismicity area with maximum magnitude in 7,9 Richter Scale. This map should made us to have preparedness for the risk possibility in immediate time by mitigation planning, one of the mitigation planning is Rapid Visual Screening for buildings to assess their vulnerability as a result of earthquake.*

*Keywords : earthquake, Indonesian Seismic Zone Map 2010, rapid visual screening, City of Palu.*

#### ABSTRAK

Gempa Aceh tanggal 26 Desember 2004 telah mengubah paradigma dalam penanganan bencana di Indonesia, khususnya akibat aktivitas seismik dan bencana ikutannya seperti tsunami, tanah longsor, banjir bandang dan likuifaksi, dan mendorong Kementerian Pekerjaan Umum untuk melakukan revisi terhadap Peta Gempa 2002 dan berinisiatif menginisiasi penyusunannya dengan menghimpun para ahli di bidang gempa bumi. Hasil studi dari tim ahli tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk Peta Zonasi Gempa 2010 dan telah menempatkan posisi kota Palu khususnya dan wilayah Sulawesi Tengah umumnya ke dalam wilayah yang berpotensi terlanda gempa dengan magnitude maksimum 7,9 SR (skala Richter). Ini berarti, seluruh komponen masyarakat di wilayah Sulawesi Tengah wajib bersiap diri dalam menghadapi bencana yang datangnya sulit untuk diprediksi dengan melakukan usaha mitigasi bencana yang salah satunya adalah dengan melakukan evaluasi secara cepat (*Rapid Visual Screening*) terhadap seluruh bangunan yang ada untuk menilai kerentanannya terhadap gempa bumi.

Kata Kunci : gempa, Peta Zonasi Gempa Indonesia 2010, *rapid visual screening*, Kota Palu.

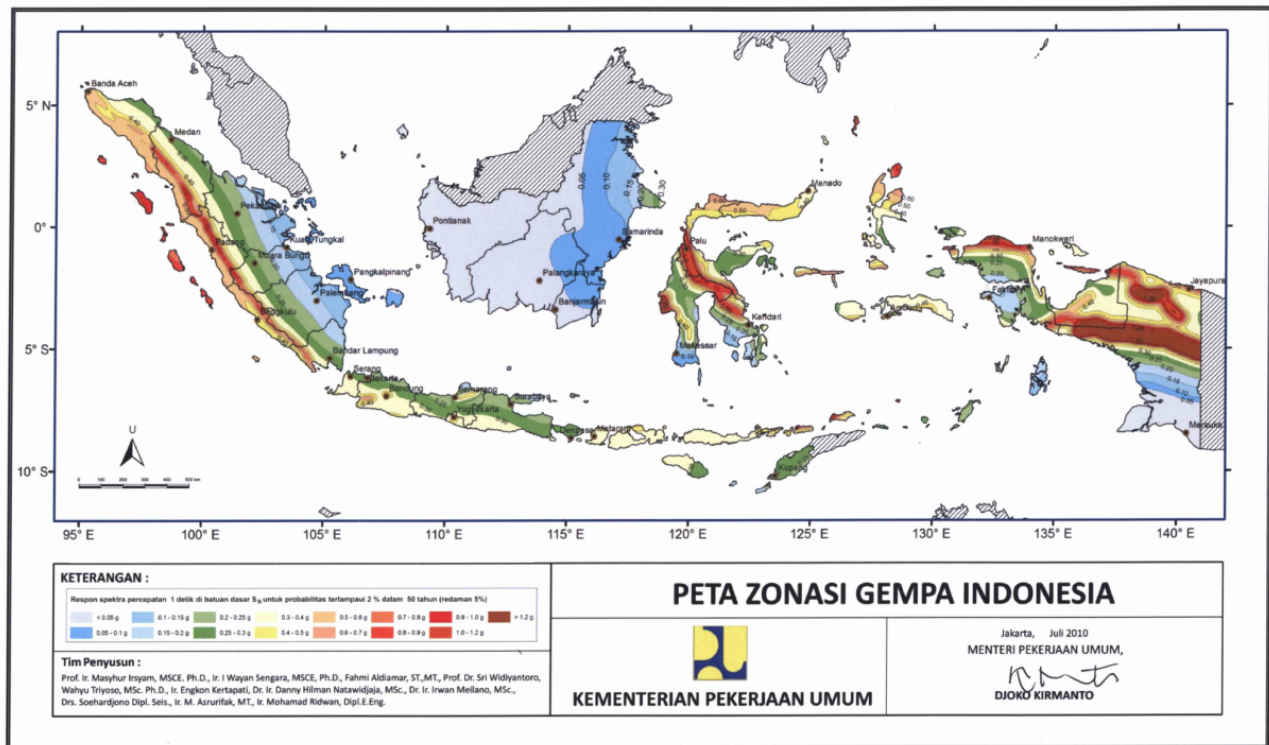
#### LATAR BELAKANG

Bencana Alam yang terjadi beruntun di tanah air dan memakan korban jiwa dan harta yang banyak, menyadarkan kita akan perlunya kesiapsiagaan dalam mengantisipasi bencana yang kedatangannya tidak terduga dan sulit untuk diprediksi.

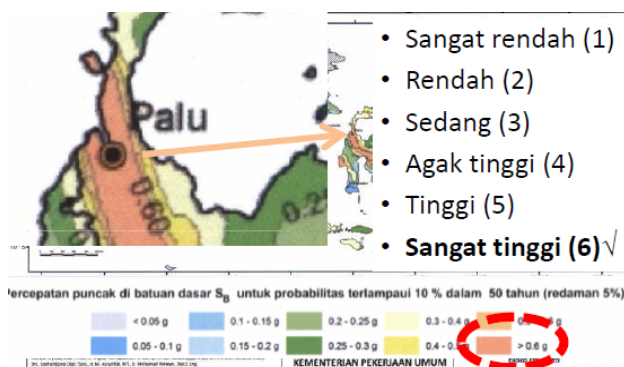
Kota Palu sebagai pusat pemerintahan provinsi merupakan jantung Provinsi Sulawesi Tengah dan menjadi titik perhatian investor dan masyarakat di luar Provinsi Sulawesi Tengah, selain itu Kota Palu terkenal sebagai daerah rawan gempa karena dilalui oleh Sesar Palu Koro yang sangat aktif sehingga perencanaan kota yang berbasis mitigasi bencana sangat dibutuhkan sebagai salah

satu daya tarik yang berwawasan lingkungan dan berbasis pemberdayaan masyarakat.

Berdasarkan Peta Gempa Indonesia tahun 2010, kota Palu dimasukkan dalam daerah dengan tingkat kegempaan sangat tinggi (Zona 6), sama dengan wilayah Aceh dan Padang (Gambar 1 dan 2). Hal ini menyadarkan kita bahwa potensi bencana akibat gempa bumi di kota Palu sudah di depan mata, sehingga kesiapsiagaan masyarakat perlu ditingkatkan melalui program yang terencana, terpadu, terarah dan berkesinambungan, mengingat gempa dapat menyebabkan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan infrastruktur dan bangunan, serta dana trilyunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi.



**Gambar 1.** Peta Zonasi Gempa Indonesia 2010 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum



**Gambar 2.** Posisi kota Palu dalam Peta Zonasi Gempa Indonesia 2010

## TINJAUAN PUSTAKA

Diterbitkannya peta zonasi gempa Indonesia 2010 yang dibuat berdasarkan penelitian oleh Tim Revisi Peta Gempa Indonesia yang terdiri dari ahli-ahli kegempaan dari Kementerian Ristek, BMKG, LIPI, ITB, BNPB dan Kementerian PU telah memasukkan kota Palu dan daerah di sekitarnya dalam wilayah yang beresiko sangat tinggi terhadap gempa (Gambar 3), menyadarkan kita bahwa lebih dari 85% wilayah Provinsi Sulawesi Tengah merupakan daerah yang rawan terhadap terjadinya gempa dan hal ini telah dibuktikan dengan terjadinya 4 (empat) kali gempa dengan kekuatan  $\geq 4,5$  SR dalam tiga bulan terakhir, yaitu tanggal 8

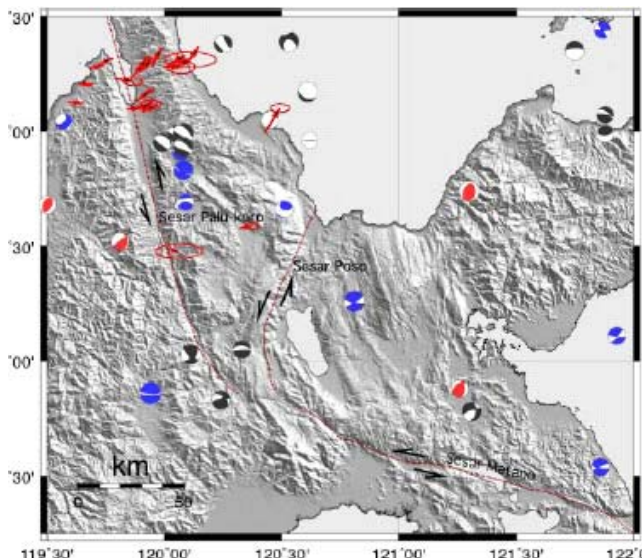
Februari 2012, 19 Maret 2012 dan 02 April 2012 di kota Palu dan yang belum lama terjadi, gempa Morowali dengan kekuatan 5,7 SR pada tanggal 16 April 2012, yang disusul beberapa kali kejadian gempa susulan (*after shocks*) dengan kekuatan lebih kecil.

Peta Zonasi Gempa Indonesia dibuat sebagai pedoman bagi para ahli bangunan dan infrastruktur Teknik Sipil di Indonesia dalam membuat perencanaan bangunan dan infrastruktur yang aman terhadap gempa, dengan harapan jika gempa terjadi, bangunan dan infrastruktur yang telah berdiri tersebut tidak akan mengalami kerusakan berarti. Dalam perencanaan bangunan aman gempa terdapat 4 tingkatan pengaruh gempa terhadap bangunan, yaitu :

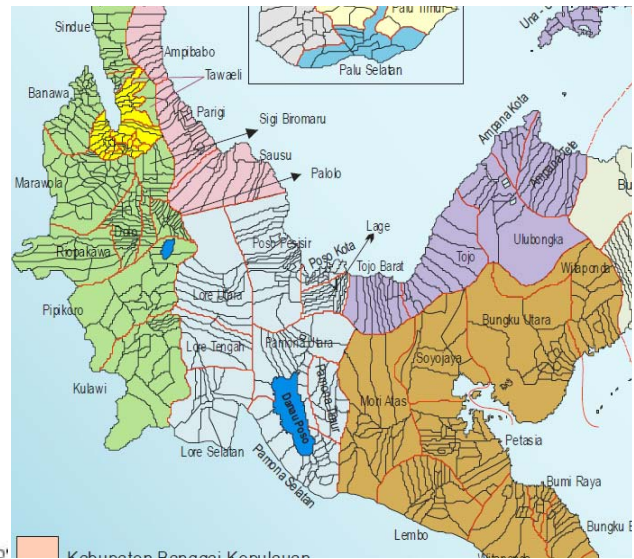
1. *Operational*, dimana bangunan yang berdiri tidak akan mengalami kerusakan berarti saat terjadi gempa, bangunan tetap dapat berfungsi seperti sedia kala, seperti bangunan Rumah Sakit dan Pembangkit Listrik.
2. *Immediate Occupancy*, bangunan dapat digunakan namun tidak dapat berfungsi seperti sedia kala lagi karena adanya kerusakan pada bagian non strukturalnya seperti dinding yang roboh dan langit-langit yang runtuh, sehingga diperlukan usaha perbaikan agar bangunan dapat berfungsi seperti sedia kala.

3. *Life Safety*, struktur bangunan rusak dan bangunan perlu diperbaiki dan diperkuat agar dapat berfungsi seperti sedia kala.

*Collapse Mechanism*, Bangunan rusak total dan mengalami keruntuhan sehingga harus dibangun kembali.



**Gambar 3.** Penampakan sesar Palu-Koro, sesar Poso dan sesar Matano berdasarkan SRTM (*Shuttle Radar*



Gempa bumi merupakan peristiwa alamiah akibat pergerakan lempeng bumi yang terus-menerus dan telah berlangsung selama jutaan tahun, walaupun demikian gempa bumi dapat menimbulkan bahaya dan bencana yang sangat besar akibat rusak dan runtuhnya bangunan dan infrastruktur karena kejadiannya sangat tiba-tiba dan sulit untuk diprediksi, dan dapat memicu bencana lainnya seperti longsor, banjir bandang jika terjadi di musim penghujan, likuifaksi, dan tsunami. Sampai saat ini, manusia belum dapat berbuat banyak untuk mencegah terjadinya gempa bumi, tetapi dampak dari gempa bumi dapat dikurangi dengan melakukan usaha-usaha pencegahan yang optimal, terpadu, terarah, berkesinambungan dan terkoordinir. Salah satu cara untuk mengurangi kerentanan bangunan terhadap gempa adalah dengan melakukan evaluasi struktur secara cepat dengan *Rapid Visual Screening (RVS)* berdasarkan *FEMA (Federal Emergency Management Agency) 154* yang dikembangkan di Amerika Serikat.

Rapid Visual Screening atau disingkat RVS merupakan cara evaluasi bangunan secara visual yang diperkenalkan pertama kali di Amerika Serikat dengan prosedur menggunakan daftar isian yang memuat data primer dari bangunan yang ditinjau (Gambar 4), antara lain jumlah lantai dari bangunan yang ditinjau, tahun pembangunan, alamat bangunan, foto bangunan dan sketsa bangunan yang memperlihatkan denah dan elevasi bangunan.

Disamping itu dibutuhkan pula data-data pendukung lainnya, yaitu :

1. Data tanah, terdiri dari 6 tipe tanah seperti diperlihatkan pada **Gambar 5**.
2. Keutamaan Gedung, berdasarkan peruntukan dan kegunaan gedung serta jumlah penggunanya (**Gambar 4**).
3. Kemungkinan jenis keruntuhan Non Struktural dan Arsitektural bangunan seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 6**.
4. Skor awal, modifikasi dan skor akhir dari hasil evaluasi dengan Rapid Visual Screening, diperlihatkan dalam **Gambar 7** di bawah ini :

Penggunaan formulir yang diperlihatkan pada gambar tersebut memungkinkan dilaksanakannya evaluasi awal terhadap bangunan secara cepat dan murah dan dapat menghasilkan rekomendasi tindakan lanjutan yang harus dilakukan terhadap bangunan yang telah dievaluasi dengan RVS tersebut (**Gambar 8**).

Berdasarkan prosedur tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa keputusan terhadap suatu bangunan beresiko ataupun tidak terhadap gempa membutuhkan penelitian yang mendalam dan terinci serta melibatkan ahli evaluator yang handal yang tentunya berkonsekuensi terhadap pembiayaan. Sehingga kesadaran dari para pemilik bangunan untuk melakukan evaluasi lanjutan sangat dibutuhkan demi keselamatan pengguna bangunan dan orang-orang yang ada di sekitar bangunan tersebut.

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
FEMA-154 Data Collection Form

**HIGH Seismicity**

<div style="border: 1px solid black; height: 250px; margin-bottom: 5px;"></div> <p>Scale: _____</p>	<p>Address: _____ Zip _____</p> <p>Other Identifiers _____</p> <p>No. Stories _____ Year Built _____</p> <p>Screener _____ Date _____</p> <p>Total Floor Area (sq. ft.) _____</p> <p>Building Name _____</p> <p>Use _____</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; margin-top: 10px; text-align: center; font-weight: bold;">PHOTOGRAPH</div>														
OCCUPANCY	SOIL	TYPE	FALLING HAZARDS												
Assembly Commercial Emer. Services	Govt Historic Industrial	Office Residential School	Number of Persons 0 – 10    11 – 100 101-1000    1000+												
		A Hard Rock    B Avg. Rock    C Dense Soil    D Stiff Soil    E Soft Soil    F Poor Soil	<input type="checkbox"/> Unreinforced Chimneys <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Cladding <input type="checkbox"/> Other: _____												
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.8	-0.8
FINAL SCORE, S															
COMMENTS														Detailed Evaluation Required	
														YES NO	

\* = Estimated, subjective, or unreliable data  
 DNK = Do Not Know

BR = Braced frame    MRF = Moment-resisting frame    SW = Shear wall  
 FD = Flexible diaphragm    RC = Reinforced concrete    TU = Tilt up  
 LM = Light metal    RD = Rigid diaphragm    URM INF = Unreinforced masonry infill

**Gambar 4.** Formulir data isian RVS

## TAHAPAN EVALUASI STRUKTUR

Terdapat dua tahapan evaluasi dan perbaikan struktur terhadap resiko gempa yang dibahas dalam FEMA yaitu :

1. Sebelum terjadi gempa dan
2. Setelah terjadi gempa

Bangunan yang telah jadi dapat dievaluasi kerentanannya terhadap gempa sebelum gempa terjadi dengan berpedoman pada FEMA 154 dan

155 dan bila berdasarkan evaluasi bangunan tersebut beresiko tinggi terhadap gempa maka evaluasi dan perbaikan terhadap struktur bangunan harus dilanjutkan dengan berpedoman pada FEMA 310, FEMA 356 dan ATC 40.

Evaluasi sederhana yang dapat dilakukan berdasarkan FEMA 154 disebut dengan *Rapid Visual Screening (RVS)* yaitu pemeriksaan secara visual terhadap kondisi bangunan, mencakup struktural, non-struktural, arsitektural dan utilitas



bangunan, evaluasi cepat (RVS) dilakukan dengan cara mengisi formulir yang tersedia kemudian menghitung nilai skor yang mengindikasikan tingkat kerentanan bangunan. Pemeriksaan ini berpedoman pada data-data primer bangunan saat dibuat, antara lain :

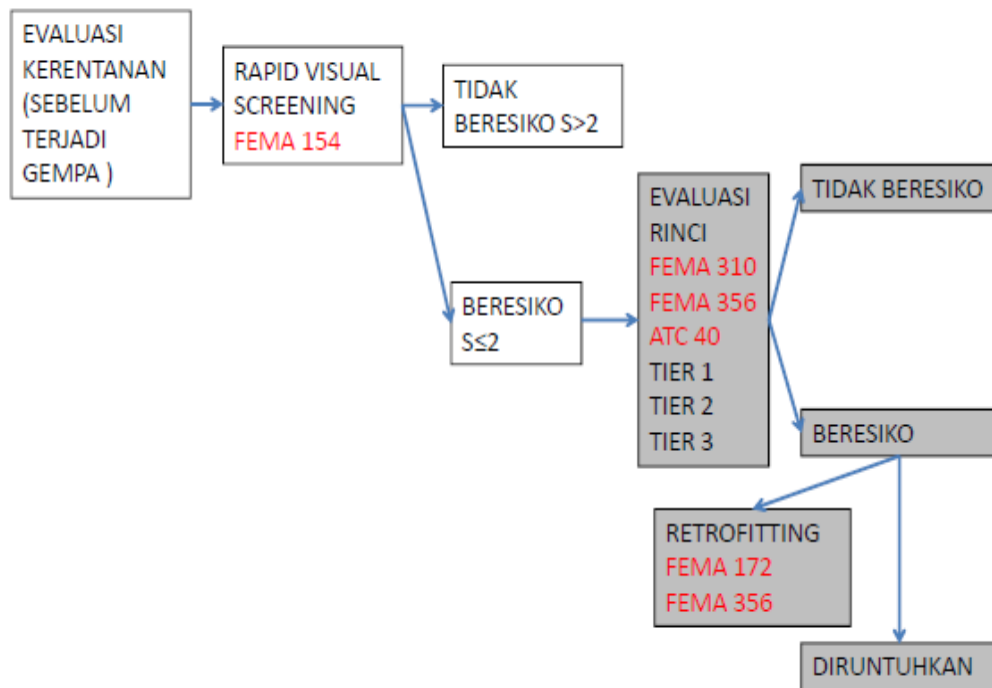
1. Waktu bangunan dibuat, untuk mengetahui standar perencanaan yang digunakan saat desain;
2. Wilayah atau zona gempa dimana bangunan berada;
3. Bahan struktur yang digunakan, apakah dari kayu, beton bertulang, tembok pasangan atau baja.

4. Denah dan elevasi berupa denah bangunan, tampak samping, tampak depan, dan tampak belakang bangunan serta elevasinya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kesimetrisan bangunan dan kemungkinan adanya loncatan bidang muka pada bangunan.
5. Jumlah lantai, terkadang gedung dengan lantai lebih sedikit memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap gempa karena didesain tanpa memperhitungkan keamanannya terhadap gempa.
6. Jenis tanah dimana gedung dibangun, apakah berdiri di atas tanah lunak, tanah sedang atau tanah keras.

Gambar 5. Tipe tanah dan keutamaan gedung dalam FEMA 154

Gambar 6. Kemungkinan keruntuhan non struktural dan arsitektural pada bangunan.

Gambar 7. Tabel skor awal, modifikasi dan skor akhir



**Gambar 8.** Prosedur evaluasi bangunan (Satyarno, I., 2011)

## PROSEDUR PELAKSANAAN RAPID VISUAL SCREENING

Pelaksanaan evaluasi bangunan dengan *Rapid Visual Screening* dilakukan berdasarkan prosedur berikut :

1. Harus tersedia dana yang mencukupi, meliputi dana untuk pengambilan data, pencetakan formulir, pengumpulan data dan pelatihan terhadap screener serta insentifnya;
2. Penentuan/perencanaan wilayah mana yang akan disurvei. Harus didahulukan wilayah dengan kepadatan bangunan yang tinggi dan tingkat hunian yang besar;
3. Memilih formulir yang akan diisi sesuai wilayah gempa. Dalam FEMA 154 wilayah gempa dibagi atas tiga wilayah resiko kerusakan akibat gempa, yaitu :
  - a. Wilayah dengan resiko gempa rendah (*low*). Di Indonesia masuk dalam wilayah 1-2 (putih-biru);
  - b. Wilayah dengan resiko gempa sedang (*moderate*) atau masuk wilayah 3-4 (kuning-hijau);
  - c. Wilayah dengan resiko gempa tinggi (*high*) atau masuk wilayah 5-6 (cokelat-merah);

4. Memilih dan menentukan para *screener*/pemeriksa;
5. Training/pelatihan para *screener* tentang tata cara pengisian dan pengambilan data;
6. Pengumpulan data eksisting bangunan berupa data primer, jenis tanah dan data lain yang mendukung pelaksanaan evaluasi;
7. Melakukan screening mulai *eksterior* sampai *interior* bangunan, mengambil data dan mengisi formulir serta menghitung skor akhir;
8. Evaluasi hasil *screening* dengan melibatkan *evaluator*, pemilik bangunan dan Pemerintah Daerah setempat;
9. Pelaporan dan rekomendasi tindak lanjut terhadap bangunan, beresiko atau tidak beresiko.

Berdasarkan hasil evaluasi awal inilah, suatu bangunan dapat dikategorikan beresiko atau tidak terhadap gempa. Jika dari hasil evaluasi yang dilakukan ternyata bangunan tersebut beresiko terhadap gempa, maka evaluasi perlu dilanjutkan dengan evaluasi rinci sebagai berikut :

1. Tier 1 (*static linear analysis*)
2. Tier 2 (*dynamic linear analysis*)
3. Tier 3 (*non linear analysis*)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran, yaitu :

1. Palu dan wilayah di sekitarnya merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap resiko gempa berdasarkan peta zonasi gempa Indonesia 2010.
2. Dibutuhkan usaha-usaha optimal, terpadu, terarah, berkesinambungan dan terkoordinir dalam melakukan mitigasi bencana gempa bumi di kota Palu.
3. Rapid Visual Screening merupakan evaluasi tahap awal dalam menilai kerentanan bangunan terhadap gempa, dan hasil rekomendasi yang diperoleh perlu ditindaklanjuti oleh pemilik bangunan untuk melakukan evaluasi rinci.
4. Pemerintah Daerah perlu membuat dan menerbitkan regulasi yang mengatur tentang bangunan-bangunan yang rentan terhadap gempa, termasuk usaha pengurangan risikonya terhadap gempa demi keselamatan dan kenyamanan masyarakat pengguna bangunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- FEMA 154, 2002, *Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards : A Handbook*, Second Edition, Applied Technology Council, 555 Twin Dolphin Drive, Suite 550 Redwood City, California 94065.
- FEMA 310, 1998, *Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency, USA
- Irsyam M, dkk, 2010, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kementerian Pekerjaan Umum, Peta Zonasi Gempa 2010, <http://pu.go.id> diunduh tanggal 20 April 2012.
- Paulay, T., and Priestley, M.I.N., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*, John Wiley and Sons Inc, Canada.
- Purwono, R, 2005, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, *Edisi Pertama*, ITS Press.
- Satyarno, I, 2011, Perlunya Evaluasi dan Tindakan Pengurangan Kerentanan Bangunan sebagai Konsekuensi diberlakukannya Peta Zonasi Gempa Yang Baru, *Handout Indonesia Local Government Training for Capacity Building in Disaster Risk Management*.